

PCT/DE03/1934

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 42 300.8

**Anmeldetag:** 12. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des  
Zustands eines Partikelfilters

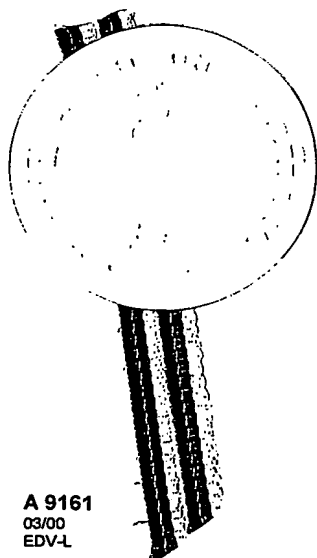
**IPC:** B 01 D 46/42

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust



Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters

- 10 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters mit den im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Merkmalen und ein Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters mit den im Oberbegriff des
- 15 Patentanspruchs 9 genannten Merkmalen.

Stand der Technik

- 20 Insbesondere bei Dieselmotoren ist der Zusammenhang zwischen der Entstehung von Stickoxiden und Partikeln sowie dem Treibstoffverbrauch ein besonders schwieriger, denn Maßnahmen zur die Stickoxidver-
- 25 ringerung bewirkten einen Anstieg der Partikelemissionen und des Treibstoffverbrauchs. Da die Partikelemission nicht gänzlich vermieden werden kann, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

- 30 Zur Einhaltung strengerer Abgasgrenzwerte können Partikelfilter (DPF) im Kraftfahrzeug (KFZ) einen wichtigen Beitrag liefern. Diese filtern mit einem hohen Wirkungsgrad Partikel aus dem Abgasstrom heraus.

Partikel und Dieselpartikel im Besonderen sind zum Teil Agglomerate von Primärpartikeln aus Kohlenwasserstoffverbindungen. Zum Teil bestehen sie aus  
5 reinem Kohlenstoff. Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung im Brennraum und weisen eine Größe von 50 bis 200 nm auf. Normalerweise sind sie von unregelmäßiger geometrischer Gestalt. Menge und Zusammensetzung der Partikel sind stark von den Mo-  
10 torlastverhältnissen, vom Einspritzsystem und von der chemischen Zusammensetzung des Treibstoffs abhängig.

Durch die abgelagerten Feststoffe wird die Permea-  
15 bilität des Filters verringert, wodurch der Abgas-  
egendruck steigt, was wiederum zu Leistungseinbu-  
ßen des Motors bzw. zur Verbrauchserhöhung führt. Die Filter werden deshalb bei Erreichen eines ge-  
wissen Füllstands regeneriert. Hierbei wird durch  
20 eine Temperaturerhöhung der größte Teil der Parti-  
kelfracht, der oxidierbar ist, in gasförmiges Koh-  
lendioxid  $\text{CO}_2$  und Kohlenmonoxid  $\text{CO}$  überführt und somit aus dem Filter entfernt. Nach erfolgreicher  
Regeneration nimmt der Abgasegendruck wieder einen  
25 wesentlich geringeren Ausgangswert an.

Die Bestimmung der abgeschiedenen Masse an Parti-  
keln im Filter kann im KFZ nicht direkt erfolgen. Statt dessen werden alternative Wege beschritten,  
30 um den optimalen Zeitpunkt zur Einleitung von Rege-  
nerationsmaßnahmen zu ermitteln.

Bekannt ist der Einsatz eines Differenzdrucksens-  
sors, welcher den Druckabfall über dem Filterkörper

ermittelt. Der Differenzdruck und damit der Druckabfall werden jedoch sowohl durch die Filterpermeabilität als auch durch den Volumenstrom am Filter bestimmt. Der Volumenstrom hängt seinerseits von  
5 den Betriebsbedingungen des Motors und der Abgas-  
temperatur am Filterkörper ab, so dass sich eine  
große Querempfindlichkeit zu verschiedenen Ein-  
flussparametern ergibt. Bei der üblichen Verwendung  
10 von keramischen Wandstromfiltern mit parallel ge-  
schalteten Kanälen ergibt sich der Strömungswider-  
stand als Parallelschaltung über alle Filterkanäle  
und den darauf befindlichen Flächenelementen. Wird  
ein genügend großer Teil dieser Flächenelemente  
15 durch die Regeneration gereinigt, so senkt sich der  
Strömungswiderstand so weit ab, dass ein Steuerge-  
rät, welches die Regeneration überwacht, irrtümlich  
von der Vollständigkeit der Regeneration ausgehen  
könnte und die Maßnahme zur Temperaturerhöhung und  
damit die Partikeloxidation beendet. Hierdurch kann  
20 es zu unerwünschten Akkumulationen von brennbarem  
Material in Teilbereichen des DPF kommen.

Eine weitere Möglichkeit zur Ermittlung des Bela-  
dungszustands des DPF besteht darin, mit Hilfe von  
25 Kennfelddaten die aus dem Motor emittierte Parti-  
kelmasse durch zeitliche Integration über die ange-  
fahrenen Betriebspunkte zu berechnen. Dieses Ver-  
fahren besitzt insbesondere bei dynamischen Fahrbe-  
dingungen und durch die Gefahr einer fehlerbeding-  
ten Änderung der Partikelemission eine sehr große  
30 Unsicherheit. Es kann zur Plausibilitätsprüfung für  
andere Messverfahren mit berücksichtigt werden.

Zur Umgehung dieser Unsicherheit in der berechneten Partikelemission besteht eine weitere Möglichkeit darin, die Partikelkonzentration vor dem DPF mit Hilfe eines Sensors zu messen.

5

Bedingt durch teilweise erhebliche technische Schwierigkeiten konnte sich bisher keines der Prinzipien bis zur Marktreife durchsetzen.

10 Wie bereits erwähnt, ist der Sensor nur ein Hilfsmittel, um den Füllstand des DPF durch Integration der vom Motor erzeugten Partikelmenge abzuschätzen. Eine Unsicherheit in der Bestimmung des Füllstands entsteht durch das Regenerationsverfahren an sich.

15 Da die Erhöhung der Temperatur einen erheblichen Eingriff in das Motormanagement darstellt, sollte diese Maßnahme so selten und so kurz wie möglich durchgeführt werden. Hierdurch kann in der Praxis das Problem auftreten, dass der DPF nicht vollständig regeneriert und Bereiche im Filter mit einer

20 teilweisen Restbeladung bestehen bleiben. Akkumuliert sich während der folgenden Beladungsphase weiterhin Partikelmasse in diesem Bereich, so kann lokal eine kritische Beladungskonzentration auftreten, welche bei nachfolgenden Regenerationszyklen zur Überhitzung dieser Areale führt. Hierdurch können Filterstrukturen irreversibel beschädigt werden.

25

30

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren haben den Vorteil, dass damit

bereits während der Regenerationsphase der Zustand des Partikelfilters und damit neben dem Füllstand und der Permeabilität auch dessen Regenerationsgrad zuverlässig bestimmt werden können.

5

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters weist eine Schallquelle zum Aussenden eines Schallsignals in Richtung des Partikelfilters und einen Schallempfänger zum Empfangen des vom Partikelfilter veränderten Schallsignals auf. Zusätzlich ist eine Steuer- und Auswerteeinheit zum Auswerten des empfangenen Schallsignals vorgesehen.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters weist folgende Schritte auf. Mittels einer Schallquelle wird ein Schallsignal in Richtung des Partikelfilters gesandt. Mittels eines Schallempfängers wird das durch den Partikelfilter veränderte Schallsignal empfangen und mittels einer Auswerteeinheit daraus der Zustand des Partikelfilters bestimmt.

15

20

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen.

25

Die Schallquelle der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann ein Motor, eine Pfeife oder ein Lautsprecher sein. Wird der Motor des KFZ als Schallquelle benutzt, reduziert sich die Anzahl der im Abgastrakt einzubauenden Komponenten.

30

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Schallquelle derart ausgebildet, dass das erzeugte Schallsignal im Ultraschallbereich liegt. Damit lässt sich die räumliche Auflösung verbessern.

Der Schallempfänger der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorteilhafterweise ein Mikrofon.

10 In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Schallquelle auf der einen Seite des Partikelfilters und der Schallempfänger auf der anderen Seite des Partikelfilters angeordnet.

15 Es ist auch möglich, dass die Schallquelle und der Schallempfänger auf einer Seite des Partikelfilters angeordnet sind. Damit lassen sich die vom Partikelfilter reflektierten veränderten Schallwellen auswerten.

20

Zudem kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein weiterer Schallempfänger vorgesehen sein, wobei der eine Schallempfänger auf der einen Seite des Partikelfilters und der andere Schallempfänger auf

25 der anderen Seite des Partikelfilters angeordnet ist.

In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Auswerteeinheit derart  
30 ausgebildet, dass sie die Amplitude auszuwerten und/oder die Phasenlage der beiden Schallsignale miteinander vergleichen kann.

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Phase und/oder die Amplitude des empfangenen Schallsignals ausgewertet.

- 5   Vorteilhafterweise wird von der Schallquelle ein sinus- oder impulsförmiges Schallsignal erzeugt.

10   Zudem ist es von Vorteil, anhand des ausgesendeten und des empfangenen Schallsignals die Umgebungstemperatur zu bestimmen. Die Kenntnis über die Umgebungstemperatur und damit die Abgastemperatur ist hilfreich, um die Regenerierung des Partikelfilters zu kontrollieren.

15   Zeichnungen

20   Die Erfindung wird im Folgenden in mehreren Ausführungsbeispielen anhand von drei Figuren näher erläutert.

25   Figur 1 zeigt eine prinzipielle Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt.

Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf eines ausgesendeten und des empfangenen Schallsignals.

30   Figur 3 zeigt eine prinzipielle Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt.



Die Erfindung nutzt den Effekt, dass poröse Materialien gegenüber Schall eine Impedanz aufweisen, welche von der Struktur des Materials abhängt. Somit besitzt ein beladener Filter, der beispielsweise zusätzlich ein Oberflächenfiltrat aufweist, eine andere Schallimpedanz als ein unbeladener Filter. Die Messung des Abgasgegendrucks stellt den Grenzfall für die Gleichstromimpedanz mit verschwindend geringer Frequenz dar.

10 Deshalb wird die Durchlässigkeit des Schalls und ggf. eine Änderung der Phase in Abhängigkeit von der Frequenz zunächst für unterschiedliche DPF-Beladungen bestimmt. Während des Betriebs wird die  
15 Schallimpedanz bestimmt und mit den vorher bestimmten Impedanzen verglichen. Hieraus ergibt sich der Beladungszustand des DPF. Gemäß einer Regenerationsstrategie kann dann eine geeignete Regenerationsmaßnahme beispielsweise bei Überschreiten eines  
20 gewissen Füllstands eingeleitet werden. Die Bestimmung der akustischen Impedanz kann im Fahrzeug auf verschiedene Arten erfolgen.

## 25 Beschreibung des ersten Ausführungsbeispiels

Bei der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform der Erfindung ist in einem Abgasrohr 10 eine Schallquelle 1, auch als Schallgeber bezeichnet, in Strömungsrichtung 10 des Abgases vor dem DPF 3 und ein  
30 Schallempfänger 2 hinter dem DPF 3 angeordnet.

Die Schallquelle 1 erzeugt ein Schallwelle 1.1, die durch den Partikelfilter 3 modifiziert als Schall-

welle 1.2 am Schallempfänger 2 ankommt und von diesem empfangen wird. Die durch den Schallempfänger 2 in ein elektrisches Signal 1.22 umgewandelte empfangene Schallwelle 1.2; wird von einer Auswerteeinheit 4 ausgewertet. Auf die Auswertung wird weiter unten noch näher eingegangen.

Die beiden Elemente Schallquelle 1 und Schallempfänger 2 können auch in umgekehrter Reihenfolge im Abgasrohr 10 eingebaut sein.

Als Schallquelle 1 kann z.B. Piezolautsprecher oder Pfeife verwendet werden. Der Schallempfänger 2 kann z.B. ein Mikrofon sein.

Die Schallwelle 1.1 wandert durch die Filterstruktur hindurch, wird in der Intensität abgeschwächt und in der Phase verschoben. In Figur 2 sind die entsprechenden Signalverläufe gezeigt. Auf der y-Achse ist die Amplitude und auf der x-Achse die Zeit aufgetragen.

Bei Kenntnis des anregenden Signals 1.11 und des ankommenden Signals 1.22 können die beiden Größen Phasenverschiebung und Intensitätsabnahme bestimmt werden.

Als anregendes Signal 1.11 kann beispielsweise ein Sinussignal verwendet werden, welches die frequenz aufgelöste Auswertung erheblich vereinfacht. Andere Signalformen sind ebenfalls möglich und können mittels Fourieranalyse in die Frequenzkomponenten zerlegt werden. Es kann auch direkt die Signaltransmission eines beispielsweise kurzen Schallimpulses

ausgewertet werden. Durch die Wahl der Signalformen und dem Vermessen des Grundsignals ohne aktiven Schallgeber 1, kann das Hintergrundsignal, welches beispielsweise durch den Motor verursacht wird, ermittelt und bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Durch die Auswertung der Impedanz bei verschiedenen Frequenzen ist es möglich, Einblicke in die räumliche Verteilung der Partikelablagerungen im DPF 3 zu bekommen. Grundsätzlich ist es so möglich, Unterschiede zwischen Ablagerungen, welche sich am vorderen bzw. hinteren Ende des DPF 3 befinden, zu unterscheiden.

Die erreichbare räumliche Auflösung wird wesentlich durch die verwendete Wellenlänge bzw. die Frequenz bestimmt. Zur Erreichung einer örtlichen Auflösung in der Größenordnung des Partikelfilters werden Frequenzen oberhalb von 500 Hz oder noch besser oberhalb von 2 kHz verwendet. Ist nur die Gesamtporosität des Partikelfilters 3 interessant, können auch niedrigere Frequenzen verwendet werden.

Für zeitliche Impulse ergibt sich entsprechend eine maximale Impulslänge im ms Bereich.

Durch die Verwendung von Ultraschall kann die Auflösung erheblich verbessert werden.

Im allgemeinen ist die radiale Verteilung der Partikel über die parallel geschalteten Kanäle 12 des Partikelfilters 3 homogen. Nähere Informationen über eine möglicherweise inhomogene Verteilung in

radialer Richtung können durch die Verwendung mehrerer Schallgeber und/oder Schallempfänger gewonnen werden. Im Bedarfsfall kann so eine kanalweise Analyse der DPF-Beladung erfolgen.

5

#### Beschreibung des zweiten Ausführungsbeispiels

10 Anstelle der oben beschriebenen Anordnung von Schallquelle 1 und Schallempfänger 2 auf zwei Seiten des DPF 3 zur Transmission des Schalls, kann die Anordnung von Schallgeber 1 und Schallempfänger 2 auf einer Seite des DPF auch Werte für die Reflexion des Signals ergeben. Die entsprechende Anordnung ist in Figur 3 gezeigt. Dabei sind der Schallgeber 1 und der Schallempfänger 2 auf der aus Strömungsrichtung 11 des Abgases betrachtet vorderen Seite des Partikelfilters 3 im Abgasrohr 10 eingebaut. Diese Anordnung in Verbindung mit gepulsten  
15 Signalen entspricht der Arbeitsweise eines Echolots.  
20

Die Signalauswertung erfolgt analog zu den oben beschriebenen Wegen.

25

#### Beschreibung des dritten Ausführungsbeispiels

30 Eine weitere in den Figuren nicht gezeigte Ausführungsform sieht vor, dass nicht ein Lautsprecher oder eine Pfeife als Schallquelle 1 eingesetzt wird, sondern die Schallemission einer bereits vorhandenen Quelle, insbesondere des Motors verwendet wird. Hierbei werden vorteilhafterweise zwei

Schallempfänger verwendet, von denen sich je einer vor und einer hinter dem DPF befindet. Durch die Korrelation zwischen einlaufendem und auslaufendem Schallsignal kann wiederum die Schalltransmission ermittelt werden. Die Fourieranalyse liefert die frequenzaufgelöste Impedanz, welche für die Auswertung des Beladungszustands besonders von Vorteil ist.

10 Wird das Motorgeräusch zeitlich aufgelöst aufgezeichnet und die Werte, welche vor und hinter dem DPF ermittelt werden, miteinander korreliert, so kann neben der Dämpfung auch die Signallaufzeit ermittelt werden. Analog kann die Signallaufzeit bei 15 impulsartigen Schallanregung mit Hilfe eines Schallgebers und eines Schallempfängers bestimmt werden.

Bei bekannter räumlicher Anordnung beider Schallempfänger lässt sich aus der Signallaufzeit die Schallgeschwindigkeit bestimmen. Gleiches gilt bei 20 bekannter räumliche Anordnung von Schallgeber und Schallempfänger. Die Schallgeschwindigkeit verändert sich mit der Wurzel aus der absoluten Gastemperatur, welche beispielsweise zur Kontrolle der DPF Regenerierung von Interesse ist. Durch die Mitbenutzung der erfindungsgemäß verwendeten Komponenten kann ein Temperatursensor eingespart werden bzw. andere Komponenten, wie z.B. ein vorgelagerter 25 Oxidationskatalysator zur Temperaturanhebung, auf seine Funktionsfähigkeit überprüft werden. 30

Beschreibung eines vierten Ausführungsbeispiels

In einer weiteren in den Figuren nicht dargestellten Ausführungsform werden von einem Schallgeber und/oder Schallempfänger verschiedene Positionen  
5 nacheinander durch eine Verschiebeeinrichtung angefahren und so eine höhere radiale Ortsauflösung erreicht.

10 Bei der Erfindung wird der innere Zustand des DPF direkt ermittelt. Die Querempfindlichkeit zum Volumenstrom, die bei der Differenzdruckmessung auftritt, wird erheblich verringert. Bei dem Verfahren und der Vorrichtung können kostengünstige Komponenten  
15 verwendet werden. Die Erfindung kann auch zur Erkennung von Filterdefekten eingesetzt werden.

Die akustischen Komponenten zur Untersuchung des DPF-Zustands können zudem gleichzeitig weitere Überwachungsfunktionen für den Abgasstrang übernehmen.  
20 Aus dem aufgezeichneten Spektrum des Motorgeräuschs in Abhängigkeit vom Betriebszustand kann auf einen Defekt im Abgasstrang, z.B. auf eine Leckage, oder auf einen Defekt des Motors geschlossen  
25 werden. Dies ist als unterstützende Diagnostik sinnvoll.

R. 303674

# Patentansprüche

5

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schallquelle (1) zum Aussenden eines Schallsignals (1.1) in Richtung des Partikelfilters (3) vorgesehen ist, ein Schallempfänger (2) zum Empfangen des vom Partikelfilter (3) veränderten Schallsignals (1.2) vorgesehen ist, und eine mit dem Schallempfänger (2) verbundene Auswerteeinheit (4) zum Auswerten des empfangenen Schallsignals (1.2) vorgesehen ist.

15

20

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallquelle (1) ein Motor, eine Pfeife oder ein Lautsprecher ist.

25

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallquelle (1) derart ausgebildet ist, dass das erzeugbare Schallsignal (1.1) im Ultraschallbereich liegt.

30

4. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallempfänger (2) ein Mikrofon ist.

5. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallquelle (1) auf der einen Seite des Partikelfilters (3) und der Schallempfänger (2) auf der anderen Seite des Partikelfilters (3) angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallquelle (1) und der Schallempfänger (2) auf einer Seite des Partikelfilters (3) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Schallempfänger vorgesehen ist, der eine Schallempfänger (2) auf der einen Seite des Partikelfilters (3) und der weitere Schallempfänger auf der anderen Seite des Partikelfilters (3) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (4) derart ausgebildet ist, dass sie die Amplitude des Schallsignals (1.2) auswerten und/oder die Phasenlage der beiden Schallsignale (1.1, 1.2) miteinander vergleichen kann.

9. Verfahren zur Bestimmung des Zustands eines Partikelfilters, dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Schallquelle (1) ein Schallsignal (1.1) in Richtung des Partikelfilters (3) gesandt wird, mittels eines Schallempfängers (2) das durch den Partikelfilter (3) veränderte Schallsignal (1.2) empfangen wird, und mittels einer Auswerteeinheit (4) daraus der Zustand des Partikelfilters (4) bestimmt wird.

10. Verfahren nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Phase und/oder die Amplitude des empfangenen Schallsignals (1.2) ausgewertet werden.



11. Verfahren nach Patentanspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass von der Schallquelle (1) ein sinus- oder impulsförmiges Schallsignal erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem der Patentansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des ausgesendeten und des empfangenen Schallsignals (1.1, 1.2) die Umgebungstemperatur bestimmt wird.

R. 303674

### Zusammenfassung

5

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur Bestimmung des Zustands, insbesondere der Permeabilität eines Partikelfilters.

10

Dazu weist die Vorrichtung eine Schallquelle (1) zum Aussenden eines Schallsignals (1.1) in Richtung des Partikelfilters (3) und einen Schallempfänger (2) zum Empfangen des vom Partikelfilter (3) veränderten Schallsignals (1.2) auf. Zusätzlich ist eine

15

Steuer- und Auswerteeinheit (4) zum Ansteuern der Schallquelle (1) und zum Auswerten des empfangenen Schallsignals (1.2) vorgesehen.

(Figur 1)

20

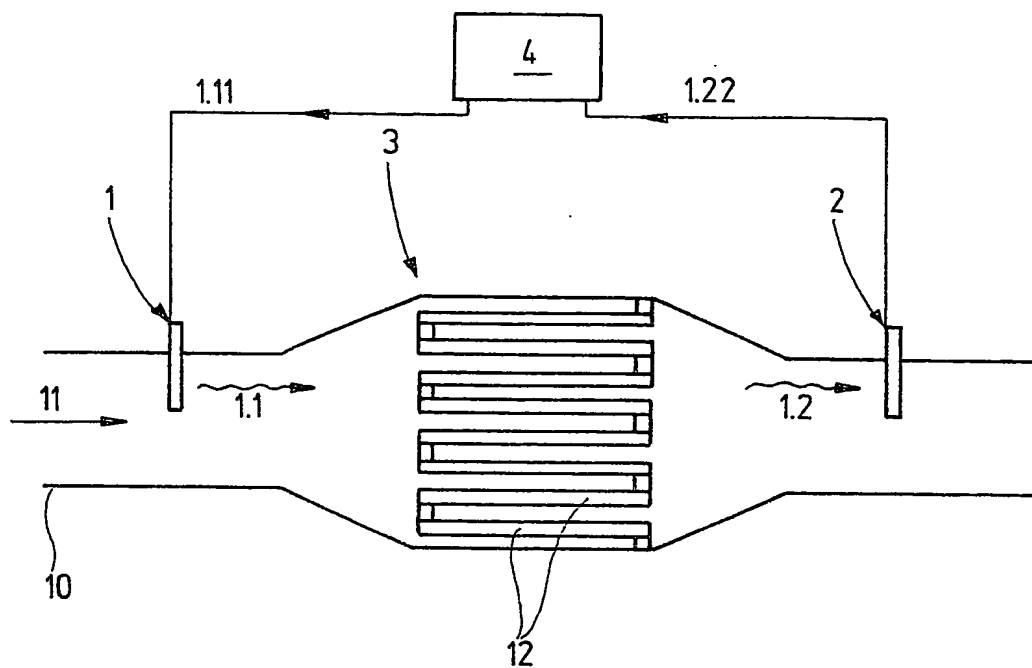


Fig.1

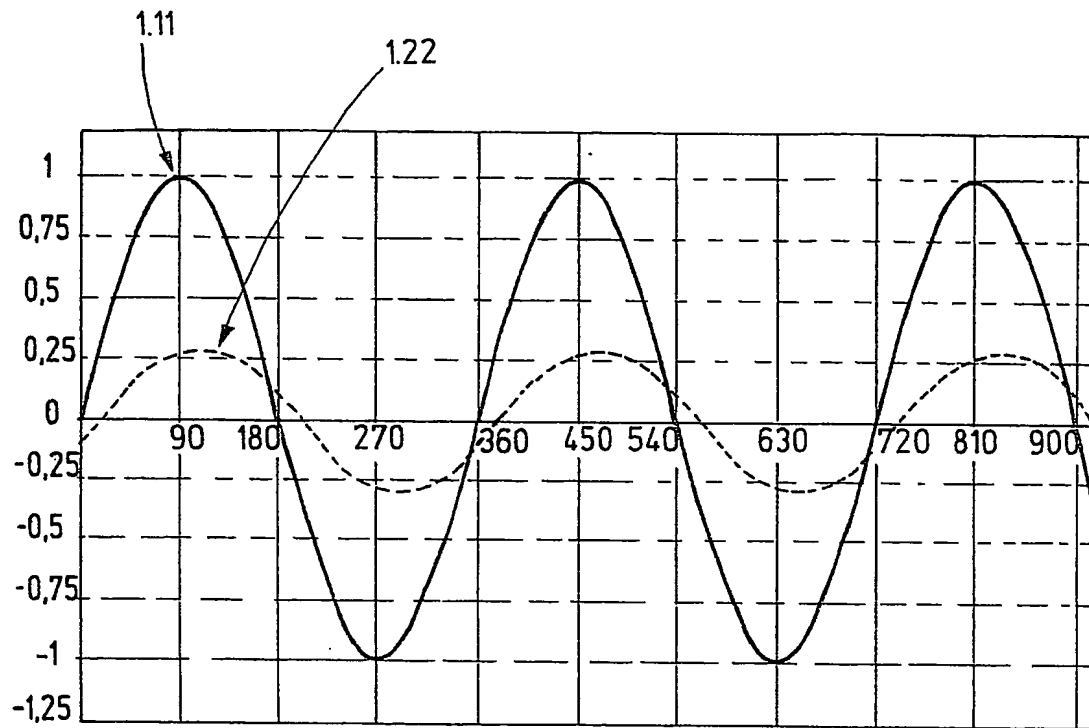


Fig.2

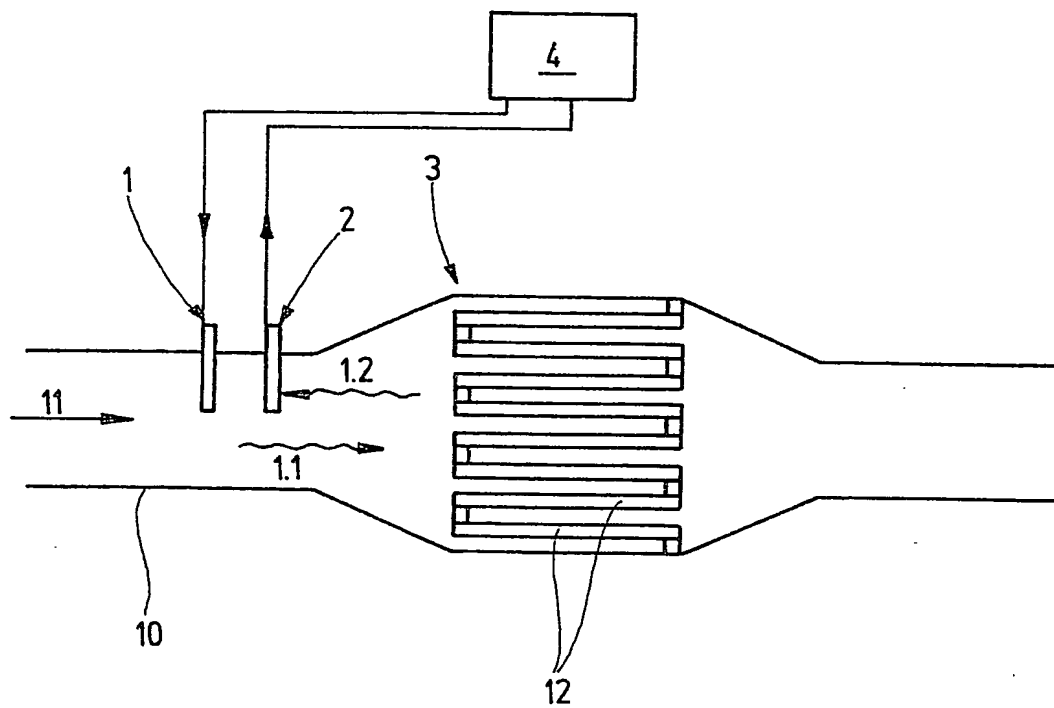


Fig.3